

学校编码: 10384  
学号: X2010182025

分类号 密级  
UDC

廈門大學

碩 士 学 位 论 文

# 一种多功能叉车属具的设计研究

**Design And Research Of Multifunctional Forklift Truck**

**Attachments**

吴聪杰

指导教师姓名: 陈 文 芎 教授

专 业 名 称: 机 械 工 程

论文提交日期: 2014 年 08 月

论文答辩时间: 2014 年 09 月

学位授予日期: 2014 年 09 月

答辩委员会主席: 姚斌

评 阅 人: 陈永明、王振忠

2014 年 09 月

# 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名): 吴聪杰

2014 年 8 月 30 日

# 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（ ☒ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：吴聪杰

2014 年 8 月 30 日

# 目 录

<b>第一章 绪论 .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 现代物流搬运设备之叉车 .....</b>	<b>1</b>
1.1.1 叉车的定义、用途及特点 .....	1
1.1.2 叉车的历史和发展方向 .....	2
1.1.3 叉车行业存在的忧患 .....	2
<b>1.2 叉车属具 .....</b>	<b>3</b>
1.2.1 叉车属具简介 .....	3
1.2.2 叉车属具的分类和结构特点 .....	4
1.2.3 叉车属具的使用意义 .....	6
1.2.4 目前叉车属具的国内外行业状况 .....	7
<b>1.3 课题的目标、内容及研究意义 .....</b>	<b>8</b>
<b>第二章 叉车与叉车属具 .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 叉车.....</b>	<b>10</b>
2.1.1 叉车的总体结构及基本参数 .....	10
2.1.2 叉车的门架系统 .....	12
2.1.3 叉车的液压系统 .....	15
2.1.4 叉车与叉车属具的关系 .....	16
<b>2.2 叉车属具的设计 .....</b>	<b>17</b>
2.2.1 起重量重新计算 .....	18
2.2.2 属具的挂装 .....	19
2.2.3 属具设计的其他相关问题 .....	22
<b>2.3 平移类叉车属具及其设计 .....</b>	<b>23</b>
2.3.1 侧移器 .....	24
2.3.2 调距叉 .....	27
2.3.3 砖块夹、软包夹、海绵夹、纸箱夹 .....	29

2.3.4 单双托盘叉 .....	31
<b>2.4 旋转类叉车属具及其设计 .....</b>	<b>33</b>
2.4.1 传统叉车属具旋转器及其设计 .....	34
2.4.2 新型旋转器及其设计 .....	41
<b>2.5 多自由度叉车属具及其设计 .....</b>	<b>47</b>
2.5.1 旋转叉夹 .....	48
2.5.2 纸卷夹 .....	48
2.5.3 旋转软袋夹简述 .....	50
2.5.4 钟罩式砖块夹简述 .....	54
<b>第三章 多功能叉车属具的总体设计 .....</b>	<b>56</b>
<b>3.1 多功能叉车属具的方案设计 .....</b>	<b>56</b>
3.1.1 多功能叉车属具的总体构造 .....	56
3.1.2 多功能叉车属具的工作原理 .....	58
3.1.3 多功能叉车属具的功能应用 .....	59
<b>3.2 主参数的定义 .....</b>	<b>61</b>
<b>3.3 关键参数的定义 .....</b>	<b>66</b>
3.3.1 主旋转参数及左右旋转的参数设定 .....	66
3.3.2 工作尺寸参数的定义 .....	67
<b>3.4 受力分析 .....</b>	<b>69</b>
<b>第四章 多功能叉车属具的详细设计 .....</b>	<b>73</b>
<b>4.1 旋转机构的选型设计及其计算 .....</b>	<b>73</b>
<b>4.2 液压油缸的设计及其计算 .....</b>	<b>77</b>
<b>4.3 主基板的设计 .....</b>	<b>79</b>
<b>4.4 主面板的设计 .....</b>	<b>81</b>
<b>4.5 左右基板的设计 .....</b>	<b>82</b>
<b>4.6 左右面板的设计 .....</b>	<b>85</b>
<b>4.7 装配与机构分析简述 .....</b>	<b>86</b>

<b>第五章 多功能叉车属具的有限元分析 .....</b>	<b>90</b>
<b>5.1 概述.....</b>	<b>90</b>
<b>5.2 左右面板的有限元分析 .....</b>	<b>91</b>
5.2.1 左右面板的有限元分析概述 .....	91
5.2.2 简化三维模型 .....	91
5.2.3 创建有限元分析模型 .....	92
5.2.4 载荷的定义 .....	94
5.2.5 约束的定义 .....	95
5.2.6 有限元分析及结果 .....	96
<b>5.3 左右基板的有限元分析 .....</b>	<b>97</b>
5.3.1 左右基板的有限元分析概述 .....	97
5.3.2 简化三维模型 .....	99
5.3.3 创建有限元分析模型 .....	99
5.3.4 载荷的定义 .....	99
5.3.5 约束的定义 .....	100
5.3.6 有限元分析 .....	101
<b>5.4 主面板的有限元分析 .....</b>	<b>102</b>
5.4.1 主面板的有限元分析概述 .....	102
5.4.2 主面板的有限元模型建立 .....	103
5.4.3 载荷的定义 .....	103
5.4.4 约束的定义 .....	104
5.4.5 有限元分析 .....	105
<b>第六章 叉车属具的试验 .....</b>	<b>107</b>
<b>6.1 概述.....</b>	<b>107</b>
<b>6.2 叉车属具的试验平台 .....</b>	<b>107</b>
<b>6.3 新型旋转器的测试试验 .....</b>	<b>109</b>
<b>第七章 总结 .....</b>	<b>114</b>

7.1 总结.....	114
7.2 未来的属具行业展望 .....	115
致 谢 .....	117
参考文献 .....	118
附录 论文研究过程中的专利成果.....	120

厦门大学博硕士论文摘要库

# Contents

<b>Chapter I Introduction .....</b>	<b>1</b>
1.1 Forklift modern logistics handling equipment.....	1
1.2 Forklift truck attachments.....	3
1.3 Research focuses on the subject and the basic ideas .....	8
<b>Chapter II Forklift and forklift truck attachments.....</b>	<b>10</b>
2.1 Forklift.....	10
2.2 Design of forklift truck attachments .....	17
2.3 Translation attachments and design .....	23
2.4 Rotation attachments and design .....	33
2.5 Multi-degree freedom attachments and design.....	47
<b>Chapter III Multifunctional attachments overall design.....</b>	<b>56</b>
3.1 Multifunctional attachments Program design .....	56
3.2 Main Parameters Define .....	61
3.3 Key Parameters Define .....	66
3.4 Force Analysis .....	69
<b>Chapter IV Multifunctional attachments detailed design .....</b>	<b>73</b>
4.1 Rotating mechanism designed .....	73
4.2 Hydraulic cylinder design .....	77
4.3 Main board design .....	79
4.4 Main panel design.....	81
4.5 Left and right board design .....	82
4.6 Left and right panel design .....	85
4.7 Assembly and mechanism Analysis .....	86
<b>Chapter V FEM of multifunctional attachments.....</b>	<b>90</b>
5.1 Introduction.....	90
5.2 FEM of left and right panel .....	91



5.3 FEM of left and right board .....	97
5.4 FEM of main panel .....	102
<b>Chapter VI Test of forklift truck attachments .....</b>	<b>107</b>
6.1 Introduction.....	107
6.2 Test platform of forklift truck attachments .....	107
6.3 Test of new rotator .....	109
<b>Chapter VII Conclusions and Prospects.....</b>	<b>114</b>
7.1 Conclusions.....	114
7.2 Prospects .....	115
<b>Acknowledgement.....</b>	<b>117</b>
<b>References .....</b>	<b>118</b>
<b>Appendix     Patent results in thesis research process .....</b>	<b>120</b>

## 摘要

叉车是人们最常用的搬运车辆之一，是对成件托盘货物进行装卸、堆垛、短距离运输、重物搬运作业的轮式车辆。叉车属具也称多种装置，它是提高叉车工作效率及其安全性的最重要工具。

本课题的主要目标是对叉车属具的研发、制造、销售等进行全方面的了解，重点掌握叉车属具的设计方面知识，运用机械原理、机械设计、结构设计、液压系统等方面知识对各类型的叉车属具进行创新设计，从而进一步提高自我的研发及创新设计能力。

在本论文中，简要描述了叉车的总体构造、叉车工作装置及液压系统的特点、对叉车与叉车属具之间的匹配关系、叉车属具的总体设计计算原则等方面知识进行系统的整理。按照叉车属具的自由度进行分类，整理出平移类、旋转类及多自由度类别的各项叉车属具的设计方法，对多项叉车属具进行创新设计研究，创造了包括多功能叉车属具在内的多项叉车属具创新设计产品，并对这些创新设计进行专利申报工作。论文研究过程中，还对部分所创新设计的产品进行试制、试验和对比分析。

多功能叉车属具，是本次设计研究的重点。其延续了论文前期研究阶段的创新设计思路，如新型旋转器的回转驱动机构，单双托盘叉的设计理念，新型调距叉的油缸安装结构等创新设计思路，旋转软袋夹的机构叠加理念等，以及一些全新的创新设计思路。其可以综合运用在调距、侧移、旋转、单双托盘切换、夹紧等叉车属具常用工况，通过控制系统的开发，将其运动方式有机联动，还可以将其运用于诸如双层双托盘装卸的复杂工况中。

论文中，重点描述了多功能叉车属具的总体设计及详细设计的方法，并利用有限元技术完成了对其主要部件的静力学分析。在总体设计过程中，还使用MathCAD、拉格朗日插值法构建了叉车属具的承载重量、失载距、属具自重的关系曲线。

关键词：叉车属具；创新设计；有限元分析

## Abstract

Forklift is one of the transport vehicles is now commonly used. It often used for loading and unloading pallets of good, Short-distance transport, Heavy transport. Forklift truck attachments, also called multiple devices, Is the best tool to improve efficiency and safety of forklift.

The main objective of this project is to understanding all aspects of the forklift truck attachments, Including R&D, manufacture and sales. The most crucial is to master design knowledge of forklift truck attachments. Do some innovative design for forklift truck attachments, by using the knowledge including mechanical principles, mechanical design, structural design and hydraulic systems.

In this paper, briefly describes the characteristics of the overall structure of the forklift, working equipment and hydraulic systems. Finish the relationship between forklift truck attachments truck and forklift, and the design principles of forklift truck attachments. Classify forklift truck attachments by freedom, Finish forklift truck attachments design method of translation class, rotation class, and multi-degree of freedom class. Do some innovative design research of forklift truck attachments, and create some innovative design products, including Multifunctional forklift truck attachments. Some of the work has been completed patent application.

Multifunctional forklift truck attachments, is the focus of this design study. It continues the innovative design ideas of preliminary papers research stage. Such as the drive mechanism of new rotator rotating, the design concept of single and double pallet fork, the new pitch fork's cylinder mounting structure, and so on. It can be integrated used in the condition of the pitch, lateral displacement, rotating, single and double pallet switching, clamping, and so on. Through the development of control systems, Linkage of its movement pattern, it can be used in the complex conditions, such as double-double pallet handling.

In this paper, describes the Multifunctional forklift truck attachments overall design and detailed design methods, using finite element techniques to complete the statics analysis of its major components. In the overall design process, Using MathCAD and Lagrange interpolation method to constructed the curve about forklift truck attachments carrying weight, Loss Distance, and its self-respect.

Keywords: forklift truck attachments; innovative design; finite element analysis

## 第一章 绪论

### 1.1 现代物流搬运设备之叉车

#### 1.1.1 叉车的定义、用途及特点

在过去，叉车被称之为叉式装卸车或铲车，是一种以货叉为取物装置，在垂直方向上通过叉车的门架升降系统可以使货物提升、下降。同时，叉车采用轮式底盘，是一种流动式起重机械，隶属于物流机械，有时也被归并为工程机械。叉车一般只在工厂内部或特定区域的场地内作业，因此，也被称为场(厂)内机动车辆。

叉车的机体紧凑，轴距较短，转向灵活，能在狭窄的场地和通道内作业，能通过比较低矮的仓门；货物的升降采用液压操纵，使得操作简单，动作平稳；在采用货叉搬运成件货物时自身具有装卸功能，无需辅助人员。因此叉车非常广泛的应用于车间、仓库、港口、车站等场所，进行装卸、堆垛、拆垛和短距离的搬运。叉车对实现装卸搬运作业的机械化，提高劳动生产率非常重要，是现代物流系统的重要装备。

表 1.1 2013 年前 10 月份叉车销量情况

时间/叉车分类	机动工业	电动乘驾	电动乘驾式仓	电动式步履式仓	内燃平衡重
2012 年 9 月	24174	2638	980	3140	17416
2013 年 9 月	27731	2931	702	4040	20058
同比增长	14.71	11.11	-28.37	28.66	15.17
环比增长	-1.45	3.97	54.97	-6.81	-2.31
2012 年 10 月	21048	2587	1049	2560	15212
2013 年 10 月	25545	2688	486	3530	18841
同比增长	21.37	3.90	-53.67	37.89	23.86
环比增长	-7.88	-8.29	-30.77	-12.62	-6.07
2012 年 1-10 月	245574	24872	10998	30068	179636
2013 年 1-10 月	274739	27031	8489	36592	202627
销量增减情况	29165	2159	-2509	6524	22991

根据货物与叉车的位置关系，叉车分为正面叉车和侧面叉车。正面叉车包括平衡重式叉车（内燃叉车与蓄电池叉车），前移式叉车（如吨位较小的适用于室内使用的蓄电池叉车），侧面叉车包括多面叉车（立体仓库用）和集装箱叉车等。根据叉车主要部件的技术特点，叉车又可以分为汽油叉车、柴油叉车、天然气叉车；机械传动叉车、液力传动叉车、静压传动叉车；机械转向叉车、助力式或全液压动力转向叉车；低起升门架叉车、高起升门架叉车、全自由提升叉车、集装箱叉车等。表 1.1 为 2013 年前 10 月叉车销量统计，从叉车的销量情况看可以看出，在机动工业车辆的销量上，叉车占有量中约为 75，其占有比例最大。同时也可以看出，内燃平衡重式叉车在叉车销量上远高于其他类型的叉车，内燃平衡重式叉车是最为典型的叉车类别。

### 1.1.2 叉车的历史和发展方向

叉车的发展起源于二战期间的军事物资搬运需求，而我国于 20 世纪 50 年代及 60 年代开始测绘和仿制前苏联及日本的叉车，通过近 20 年的国外产品技术引进、消化吸收和国产化，行业技术水平得到了一定程度的提高。90 年代以来，以林德为主的一批中外合资企业与独资企业的建立，形成了产品档次的多层次格局，使叉车行业百花齐放。同时，伴随着当今的改制、兼并和许多外资企业及私营股份企业的加盟，叉车行业目前也进入了新的春秋战国时期。

目前，电子化、智能化、高可靠性、性能优越的产品以及先进电子技术的机电一体化叉车，其市场前景被普遍看好。计算机技术在电动叉车上逐步得到推广应用，并纳入信息化控制。无人驾驶叉车将适用于有毒或特殊环境的需要，具有较大发展空间。系列化、大型化、系列化是叉车发展的重要趋势。

### 1.1.3 叉车行业存在的忧患

据统计，中国叉车市场近几年一直保持着高速增长的态势。但是行业高速成长的欣喜的同时，叉车行业发展的忧患也同时出现了。

目前叉车行业存在的严重的产能过剩的问题。根据中国工程机械工业协会机动工业车辆分会统计，目前各类叉车批量生产企业超过 100 家，其中，国外

品牌（合资或独资企业）达到 15 家。同时，国内一些有实力的企业也逐步进入叉车制造行业。例如，主要从事于汽车领域中的奇瑞、比亚迪；主要从事于工程机械领域的三一重工、徐工、山推等。在叉车行业的整体产能规划中，目前，合力叉车年产能规划为每年 8 万台，奇瑞叉车一期规划年产能 3 万台，龙工计划扩产至年产能 2 万台，各叉车主机厂均以年产量 30%~40% 的增量来进行规划，而此将大大的超越了国内叉车市场的需求量。

产能过剩使得市场竞争更为激烈，叉车行业的利润逐步降低，加之目前我国国内叉车主机厂所生产的产品还大多属于低端产品范畴，这类产品的进入门槛低，同质化严重。目前，国产叉车行业的利润极低，甚至处于零利润状态，仅依靠后市场，如售后服务，配件销售，增值服务等，作为主要盈利手段。我国叉车市场对 3 吨以下的平衡重内燃叉车需求量大，很多新进入的企业为了自身平稳起步发展，都选择该类叉车，从而造成了该类叉车的竞争过度激烈。

积极进行技术创新以及产品结构的合理调整是解决该危机的有效途径，我国高端叉车包括窄巷仓储叉车、电动叉车、特种叉车等基本依赖进口，这类产品的利润率高，攻克这类技术难点，从而占领国产叉车市场的空白，对于涉及叉车行业的企业而言，将使其得到有利的发展。

## 1.2 叉车属具

### 1.2.1 叉车属具简介

货叉是叉车的标准取物装置，它能适用于许多货种的装卸作业，但对有些货种作业并不方便。因此，为扩大叉车的用途，提高装卸效率，使其能适应某些具有特殊形状（如散粒物料、圆桶、圆木、环状物品）的装卸作业，除货叉外，还可以配备其他各种属具，如铲斗、起重臂、桶夹等。

叉车属具可以有效的提高叉车的工作效率及其安全性能。例如：使用纸卷夹搬运纸卷，可以大大降低、避免纸卷的破损，如果使用不带纸卷夹的叉车，纸卷的破坏率 15%，对于用纸量大、纸质量高的包装企业，只需在较短时间内就可以收回属具投资，此后所避免的 15% 破损率可大大降低企业生产成本；又

如，调距叉的使用，使司机在座位上就可按需要通过操纵手柄来调节叉距，既提高工作效率，降低劳动强度，又避免了调节时托盘的破损和手指的损伤；使用推拉器进行物料的搬运，用滑板替代托盘，成本低廉，又可节省托盘的维修、堆垛的费用，特别是在集装箱和车厢内堆放货物，更有效地节省了堆垛空间，由此可见叉车属具对于充分发挥叉车功能所起的重要作用。

### 1.2.2 叉车属具的分类和结构特点

叉车属具的种类繁多，对其进行整理，可以按照其复杂程度、应用场合等分为四大类。

1、简单属具。这类属具自身没有动作，构造比较简单，可以直接代替货叉使用或嵌套在货叉上使用，其安装方式与货叉相同，更换比较方便。例如，货叉套就是最简单的叉车属具，将货叉套装在货叉的水平段，以增大货叉的长度，可以用于装卸棉花包等质量轻、体积庞大的物品；专用盘可以在车间中盛放螺母、螺钉等小零件，搬运时，货叉直接托起专用盘进行作业。串杆、吊臂等如图 1.1 所示的德国靠谱公司的产品，也隶属于叉车属具的简单属具范畴。



图 1.1 简单属具（串杆与吊臂）

2、单自由度属具。这类属具仅有一种动作，一般通过液压缸或液压马达来实现。在这类属具中，需要叉车的液压系统提供相应的控制阀（三联阀）和管路作为系统支持。例如：调距叉通过液压来驱动货叉进行调距，减轻了劳动强度，提高了货物的装载效率，减少了托盘和货物的破损。适用在需要处理不同规格托盘的场合。倾翻叉可安全高效向前倾倒容器内的散装货物；配置铲斗，可铲运各种疏松货物，如：沙子、煤、谷物、肥料、土块和碎砖块等。多用平夹可安全高效的搬运各种纸箱、木箱、金属箱或软包等货物。适用于烟草、造

纸、化纤、车间、港口等行业的无托盘搬运和堆垛作业。桶夹可使叉车一次同时搬运四个油桶，确保运输过程中的货物得到安全可靠的夹持，显著提高搬运效率。广泛应用于桶装货物的搬运堆垛作业，如油料、石化及食品等行业。旋转器则是以液压马达作为驱动源，再通过减速机构使执行部件实现旋转动作，旋转器可以对需要转动或翻转倒空的容器进行 360°快速翻转，其广泛用于食品、化工、环卫、物品回收、冶炼铸造等行业。

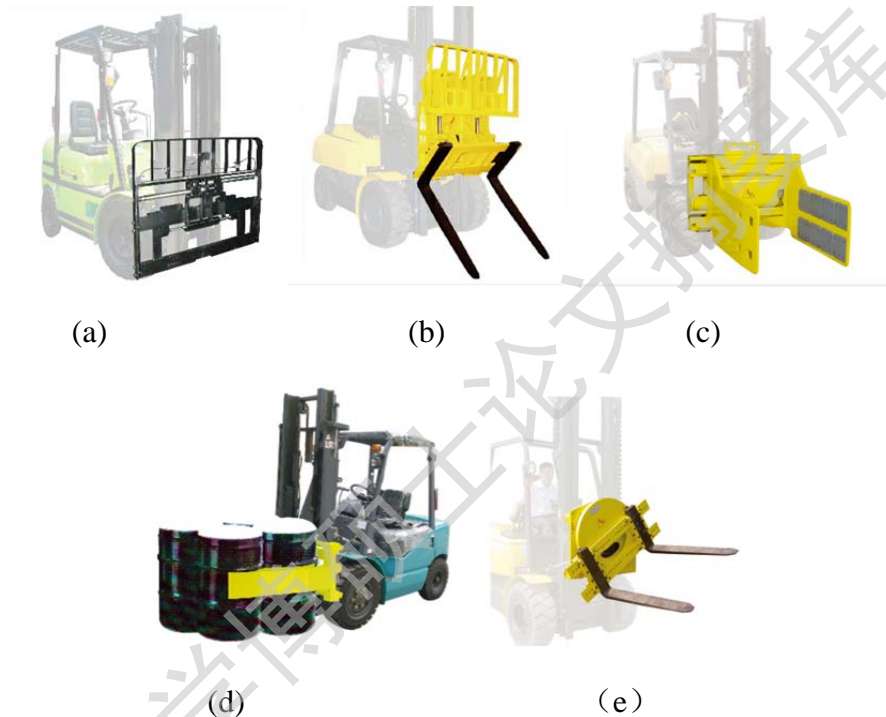


图 1.2 单自由度属具 (a)调距叉、(b)倾翻叉、(c)平夹、(d)桶夹、(e)旋转器

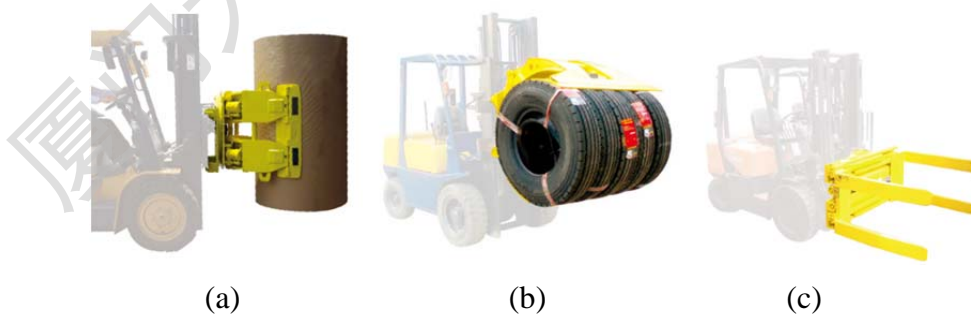


图 1.3 多自由度叉车属具 (a)纸卷夹、(b)轮胎夹、(c)旋转叉夹

3、多自由度属具。这类属具一般为平移动作的叠加，或平移动作与旋转动作的叠加，需要叉车的液压系统提供更为复杂的控制阀（一般为四联阀或五联阀）和管路作为支撑。如图 1.3 所示，纸卷夹能够对纸卷进行高效、安全、无破损的搬动和堆垛作业,并能夹紧纸卷连续 360°旋转,方便纸卷的水平和垂直



Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”. Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库